UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA
SHIKII EKIRAJIA PÜLEE WAJIIRA
Vigilada MINEDUCACIÓN

Julio 2022 Diciembre

e-ISSN 2389-9484

Ciencia e Ingeniería

Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías.

Volumen 9 | Número 2

Revista Ciencia e Ingeniería, vol. 9, n.º 2, e7449405, 2022.
http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei

Ciencia e Ingeniería
Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías
ISSN 2389-9484
Año 2022, julio-diciembre, Vol. 9, N.º 2, e7449405
Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas y *Facultad Ingeniería*. Universidad de La Guajira
La Guajira, Riohacha, Colombia
http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei
Este documento fue depositado en Zenodo. DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7449405

ANALISIS FITOQUÍMICO DE EXTRACTOS DE FRUTOS Y HOJAS DE DIVIDIVI (*Caesalpinia coriaria*) (JACQ.) WILLD

Phytochemical analysis of extracts of fruits and leaves of Dividivi (*Caesalpinia coriaria*) (jacq.) willd

Frank Idelio Sánchez Llodrá
https://orcid.org/0000-0003-4572-4048
fisanchez@uniguajira.edu.co
Programa de Biología. Facultad de Ciencias Básicas Universidad de La Guajira, Grupo de Investigación Biotecnología y Semillero MICROBIOS. Colombia.

Deysis Galván Ayala
http://orcid.org/0000-0003-2090-9804
dgalvana@uniguajira.edu.co
Msc. Quimica. Facultad de Ciencias Básicas Universidad de La Guajira, Grupo de Investigación Biotecnología y Semillero MICROBIOS. Colombia

Leanis Pitre Ruíz
https://orcid.org/0000-0003-2546-2976
lpitre@uniguajira.edu.co
Dra Microbiologia. Facultad de Ciencias Básicas Universidad de La Guajira, Grupo de Investigación Biotecnología y Semillero MICROBIOS. Colombia

RESUMEN

El propósito de esta investigación estuvo centrado en realizar un análisis fitoquímico de extractos metanólicos y etanólicos de hojas y frutos de *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd de La Guajira colombiana. El material vegetal se recolectó en tres zonas del departamento con diferente biogeografía, la obtención de los extractos se realizó mediante el método de maceración simple con solventes de distintas polaridades (etanol absoluto y metanol 98%). A los extractos se le desarrolló un perfil fitoquímico mediante pruebas colorimétricas para evaluar la presencia de las principales familias de metabolitos secundarios asociados con la actividad biológica. El análisis colorimétrico de los extractos etanólicos de hojas y frutos arrojó la presencia de fenoles, glicósidos, aceites esenciales, alcaloides, cumarinas y flavonoides, mientras que el extracto metanólico de frutos arrojó presencia de fenoles, glicósidos, aceites esenciales, alcaloides, cumarinas, flavonoides y saponinas, muy parecidos los encontrados en los extractos metanólicos de hojas solo que en estos últimos se identificó saponinas en la zona urbana del municipio de Riohacha. Permitiéndonos concluir que esta planta es una fuente promisoria de metabolitos secundarios bioactivos que pueden variar dependiendo de las condiciones biogeográficas de su entorno, además los metabolitos hallados pueden representar una alternativa menos agresiva en la cura de diferentes padecimientos por la acción farmacológica antioxidante, antibacteriana, antifúngica, anticancerígena, y antivirales de las familias identificadas. Lo que a su vez conllevaría a una utilización racional de este recurso como fuente de desarrollo departamental, regional y nacional.

Palabras clave: metabolitos secundarios, bioactividad, extractos vegetales, factores abióticos, prueba colorimetría.

ABSTRACT

The objective of this research is the phytochemical analysis of methanolic and ethanolic extracts of leaves and fruits of wild *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) from La Guajira, Colombia. The plant material was collected in three zones of the department with different biogeography. Extracts were obtained by the simple maceration method with solvents of different polarities (absolute ethanol and 98% methanol). The phytochemical profiles of the extracts were studied by colorimetric tests to evaluate the presence of secondary metabolites associated with biological activity. The colorimetric analysis of ethanolic extracts of leaves and fruits showed the presence of phenols, glycosides, essential oils, alkaloids, coumarins and flavonoids, while the methanolic extract of fruits showed the presence of phenols, glycosides, essential oils, alkaloids, coumarins, flavonoids and saponins, similarly to the methanolic extracts of leaves, except that saponins were identified in the urban area of the municipality of Riohacha. In conclusion, wild *Caesalpinia coriaria* is a promising source of bioactive secondary metabolites that vary depending on the biogeographical conditions of their environment. Furthermore, the metabolites found may represent a less aggressive alternative for the use of antioxidant, antibacterial, antifungal, anticancer and antiviral molecules. This would lead to a rational use of this natural resource for the department, the region and national development.

Keywords: secondary metabolites, bioactivity, plant extracts, abiotic factors, colorimetric test.

Recibido: 25 de agosto de 2022
Aceptado: 7 de octubre de 2022

Introducción

Colombia es uno de los países que alberga una gran parte de la biodiversidad del planeta y presenta aproximadamente 30.436 especies de plantas (Minciencias, 2016). De las cuales a 6000 se le atribuye alguna propiedad medicinal por los productos naturales que de ellas se obtienen, representando una alternativa efectiva ante diversos problemas de salud en la población colombiana (Díaz, 2003).

Estos productos naturales deben sus propiedades medicinales a moléculas sintetizadas por el metabolismo secundario de las plantas, es decir a los llamados metabolitos secundarios (MS), comprometidos principalmente con la defensa de estas ante microorganismos, insectos, animales e incluso contra otras plantas; debido a sus propiedades se han convertido en una fuente importante para la obtención de principios activos, así como para la síntesis de productos químicos de alto costos como: fragancias, colorantes, saborizantes y cosméticos, lo que ha representado a lo largo de los años grandes ingresos económicos para diferentes industrias (Sierra et al., 2018).

Ahora bien, los MS se clasifican dentro de tres grupos atendiendo a su biosíntesis: terpenos, compuestos nitrogenados y compuestos fenólicos; dentro de los terpenos encontramos los esteroles como carotenos, glicósidos cardiotónicos que tienen grandes beneficios en el sistema cardiovascular, por otra parte, dentro de los nitrogenados encontramos principalmente a los alcaloides (morfina, cafeína, cocaína) los cuales presentan propiedades estimulantes, analgésicas y en algunos casos tóxicas, y dentro de los compuestos fenólicos se encuentran los ácidos fenólicos, cumarinas, taninos y flavonoides destacándose propiedades antibacterianas, inmunoestimulantes, antioxidantes y antitumorales (Pérez-Alonso y Jiménez, 2011).

Cabe destacar que la bioactividad de estas moléculas está estrechamente relacionada con su estructura química por ejemplo entre grupos la diferencia puede recaer sobre hidroxilaciones, glucosilaciones, metilaciones, esterificaciones y otras conjugaciones de sus estructuras básicas, respecto a los terpenoides se derivan del isopreno molécula de cinco carbonos con propiedad antioxidante que al conjugarse sintetiza moléculas más complejas como: β-caroteno (antioxidante), 1-mentol (antimicrobiano), Curcurbitacina A (nematicida) y Casbeno (antifúngico), por su parte los alcaloides son compuestos con estructuras heterocíclicas nitrogenadas derivadas de diferentes aminoácidos como tirosina, triptófano, lisina, arginina, entre otros que pueden ser precursores de alcaloides complejos y bioactivos como: Nicotina (insecticida), Betanina (antioxidante), Citisina (nematicida), Berberina y Sanginarina (antimicrobianos) y finalmente los compuestos fenólicos se distinguen por el anillo aromático que los caracteriza y que al hidroxilarse una o más veces da origen a compuestos como Ácido caféico, Ácido clorogénico, Cianidina (antioxidantes), Magnolol (antifúngico), Ácido felúrico y Naringenina (antimicrobianos) (Sepulveda, Porta y Rocha, 2003). Estos grupos de MS se han identificado en gran variedad de plantas ya que estas los sintetizan para combatir diferentes factores bióticos y abióticos. Motivo por el cual existe gran posibilidad de encontrarlos en la especie *Caesalpinia coriaria* de La Guajira colombiana.

En ese sentido, con esta investigación se quiere conocer las principales familias de MS que están presentes en hojas y frutos maduros de *C. coriaria* de La Guajira colombiana, órganos que son muy utilizados empíricamente en esta región por las comunidades Wayuu para el tratamiento de diversas enfermedades (Rosado y Fernández, 2010) y de los cuales se tiene escasa información sobre las moléculas que le atribuyen estas propiedades curativas. Además se pretende observar cómo se comportan los MS de esta especie en tres zonas diferentes del departamento de La Guajira, zonas que contrastan en las condiciones biogeográficas principalmente en lo relacionado con las precipitaciones como son: la Zona Rural de Manaure donde se encuentran cercanas a los 1000 mm anuales y la Zona Rural de Riohacha donde alcanzan los 1500 mm anuales (IDEAM), mientras que en la Zona Urbana de Riohacha los árboles de esta especie se

ven favorecidos por riego de forma periódica; todo esto debido a existen reportes bibliográficos que mencionan que la presencia y abundancia de los MS puede variar dependiendo de diferentes factores abióticos presentes en los lugares donde se ubiquen las plantas como pueden ser: luz, sequía, frío, calor, déficit de oxígeno, metales pesados, toxinas, pesticidas, movimientos del suelo, sales minerales, lo que genera que las plantas desarrollen diferentes mecanismos dentro de los cuales se encuentran incrementar o disminuir la producción de diferentes metabolitos que le permiten adaptarse y evolucionar ante el estrés provocado (Santayana, 2018; Acosta de la Luz, 2003) y Alfonso, 2018).

Por lo anterior, nos trazamos como principal objetivo realizar un estudio fitoquímico de extractos etanólicos y metanólicos de frutos y hojas de *C. coriaria* de La Guajira colombiana.

Materiales y métodos

La obtención y el análisis fitoquímico de los extractos alcohólicos de *C. coriaria* (Jacq.) Willd se llevaron a cabo en los Laboratorios de Química del Sistema Integral de Laboratorio de la Universidad de La Guajira.

Colecta y procesamiento del material vegetal

Los puntos de toma de muestra fueron Punto 1 (zona urbana municipio Riohacha) ubicado a los (11º05'1'' N, y 72º08'7'' W), Punto 2 (zona rural municipio de Manaure) ubicado a los (11036' N y 72º04'9'' W), Punto 3 (zona rural municipio de Riohacha) ubicado a los (11º03'3'' N y los 72054' W). Para el procesamiento del material vegetal se aplicó la técnica propuesta por Anandhi y Revathi (2013) modificado, como se describe a continuación: se secaron hojas y frutos a 37ºC por 72 horas y se trituraron hasta pulverizar. El polvo obtenido se almacenó en frascos de vidrio de color ámbar en un lugar seco a temperatura ambiente, hasta la obtención del extracto.

Determinación colorimétrica de las familias de los metabolitos secundarios más importantes presentes en los extractos etanólicos y metanólicos de frutos y hojas de *C. coriaria* (jacq.) Wild

Obtención del extracto para tamizaje fitoquímico

Se pesaron 50 gr del pulverizado tanto de frutos como de hojas de *C. coriaria* de los tres puntos muestreados y se añadieron 200 mL de etanol a cada uno para la obtención de los extractos etanólicos y repitiéndose el procedimiento para los extractos metanólicos. Posteriormente se maceraron a 40 ^{0}C con agitación de 400 rpm durante 8 horas y dejándose reposar por 8 horas más. Luego se almacenaron de forma aséptica en refrigeración a 4˚C en botellas herméticas hasta posterior uso.

Tamizaje Fitoquímico

A los extractos vegetales se les realizó un tamizaje fitoquímico con tres repeticiones y tres replicas por prueba siguiendo la metodología descrita por Guzmán et al (2016) con algunas modificaciones como se describe a continuación: Para Flavonoides se realizó la prueba de Shinoda, para ello en tres tubos de ensayo se colocaron 3ml del extracto al 10%, además 1 limadura de magnesio y se añadió 1mL de HCl concentrado, se esperó 5 minutos y se añadió 1mL de alcohol amílico, el ensayo se consideró positivo, cuando el alcohol amílico se coloreó de amarillo, naranja, carmelita o rojo. Para Fenoles o Taninos se realizó la prueba con $FeCl_3$, colocando 1 mL de cada extracto en tres tubos de ensayo y se añadió 1 mL de solución de Cloruro de hierro (III) al 10 %, se consideró positiva si la muestra tomó una coloración negro azulado o verde, que indica la presencia de fenoles o taninos. Para Alcaloides se utilizó el reactivo de Dragendorff de

la siguiente manera: a tres tubos de ensayo se le agregaron 1 mL de extracto y 1 mL de HCl, posteriormente se añadió una gota de reactivo de Draggendorf a cada uno, la aparición de un precipitado naranja rojizo indicó la presencia de alcaloides para la prueba de Draggendorf. Para las Saponinas se utilizó la Prueba de la espuma como se muestra a continuación: en tres tubos de ensayo se colocó 3 ml de extracto al 10 % se agitó vigorosamente durante 30 segundos, se dejó reposar por 1 minuto, la prueba se consideró positiva si la espuma persistió por más de 10 minutos. Para Glucósidos utilizamos el reactivo de Molisch colocándose en tres tubos de ensayo 2 mL de extracto al que se le añadió 2 gotas de este reactivo y posteriormente 2 mL de H_2SO_4, la prueba se consideró positiva por la formación de un anillo color violeta oscuro en la interfase que indica la presencia de carbohidratos. Para Aceites esenciales se hizo uso del reactivo de Sudan (III) de la siguiente forma: en tres tubos de ensayo se colocó 1 mL de extracto, se añadieron 4 gotas del reactivo Sudan (III), una coloración de rojo a anaranjado indica la presencia de lípidos. Y por último para las Cumarinas se utilizó una solución de NaOH al 10% de la cual se añadió 1 mL en tres tubos de ensayo que contenían 1 mL de extracto vegetal, una coloración amarilla indicó la presencia de cumarinas.

Tamizaje Fitoquímico preliminar

Los resultados de las principales familias identificadas en los extractos se presentaron en una tabla utilizando en sistema no paramétrico de cruces según la intensidad de la reacción: +++ (Abundancia del metabolito), ++ (Presencia relativamente abundante), + (Presencia escaza), - (Ausencia del metabolito).

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos en el análisis fitoquímico colorimétrico se realizó un análisis estadístico en el programa IBM SPSS Statistics 26 utilizando la Prueba exacta de Fisher que es una prueba no paramétrica que permite evaluar variables categóricas, determinándose diferencias de metabolitos secundarios entre frutos y hojas, entre las zonas muestreadas y entre los solventes utilizados en las extracciones.

Resultados y discusión

Determinación colorimétrica de las familias de los metabolitos secundarios más importantes presentes en los extractos etanólicos y metanólicos de frutos y hojas de *C. coriaria* (jacq.) Wild

Obtención del extracto para tamizaje fitoquímico

La cantidad de extracto de *C. coriaria* (Jacq.) Willd obtenido por el método maceración simple osciló entre los 103 mL para extractos metanólicos y los 112 mL para etanólicos.

El resultado anterior puede ser atribuible a las características y propiedades físicas de las moléculas que componen a estos solventes, por ejemplo, el metanol por ser el alcohol más sencillo, con menos átomos de carbono y por consiguiente menor masa molecular va a tener la tendencia de evaporarse con mayor rapidez (Grisales et al 2016). Además, Torres, (2014) realizó varias extracciones sucesivas en otras especies de plantas utilizando como solventes hexano, diclometano, y etanol, encontrando que este último fue el que presentó mayor rendimiento de extracto líquido, lo que se asemeja a este estudio, donde el extracto etanólico de *C.coriaria* (Jacq.) Willd fue el de mayor volumen.

Tamizaje fitoquímico

Los resultados obtenidos en la marcha fitoquímica pueden observarse en las tablas 1, 2 y 3).

Tabla 1: Resultado del tamizaje fitoquímico de frutos y hojas de *Caesalpinia coriaria* del Punto 1 (zona urbana municipio de Riohacha).

Metabolitos	Reacción	EEF	EMF	EEH	EMH
Fenoles o taninos	$FeCl_3$	+++	+++	+++	+++
Carbohidratos o glicósidos	Molish	+++	+++	+++	+++
Saponinas	Espuma	-	++	-	+
Aceites esenciales	Sudan III	+++	+++	+	+
Alcaloides	Dragendorff	+++	+++	+++	+++
Cumarinas	NaOH 10%	++	++	+++	+++
Flavonoides	Shinoda	++	+++	+++	+++

(EEF) Extracto Etanólico de Frutos; (EMF) Extracto Metanólico de Frutos; (EEH) Extracto Etanólico de Hojas; (EMH) Extracto Metanólico de Hojas; (- Ausencia del metabolito); (+ Presencia escasa); (++ Presencia relativamente abundante); (+++ Presencia abundante). https://doig.org/ 10.5281/zenodo.7456031

Tabla 2: Resultado del tamizaje fitoquímico de frutos y hojas de *Caesalpinia coriaria* del Punto 2 (zona rural municipio de Manaure).

Metabolitos	Reacción	EEF	EMF	EEH	EMH
Fenoles o taninos	$FeCl_3$	+++	+++	+++	+++
Carbohidratos o glicósidos	Molish	+++	+++	+++	+++
Saponinas	Espuma	-	+	-	-
Aceites esenciales	Sudan III	+++	+++	+	+
Alcaloides	Dragendorff	+++	+++	+++	+++
Cumarinas	NaOH 10 %	+++	++	+++	+++
Flavonoides	Shinoda	++	+++	+++	+++

(EEF) Extracto Etanólico de Frutos; (EMF) Extracto Metanólico de Frutos; (EEH) Extracto Etanólico de Hojas; (EMH) Extracto Metanólico de Hojas; (- Ausencia del metabolito); (+ Presencia escasa); (++ Presencia relativamente abundante); (+++ Presencia abundante). https://doig.org/10.5281/zenodo.7456029

Tabla 3: Resultado del tamizaje fitoquímico de frutos y hojas de *Caesalpinia coriaria* del Punto 3 (zona rural del municipio de Riohacha).

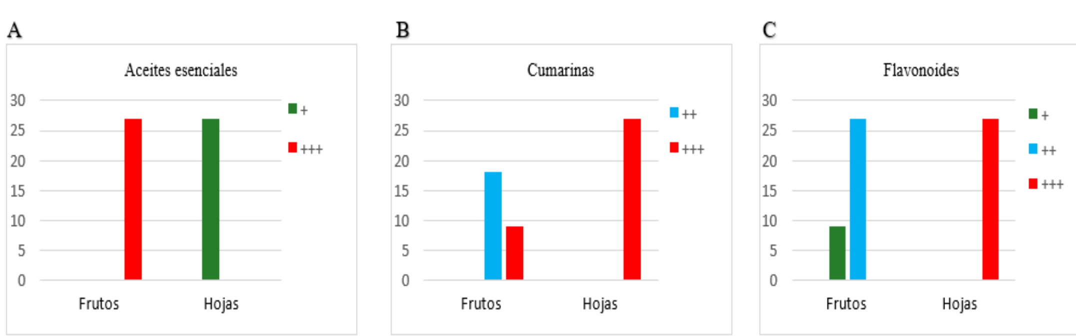
Metabolitos	Reacción	EEF	EMF	EEH	EMH
Fenoles o taninos	FeCl3	+++	+++	+++	+++
Carbohidratos o glicósidos	Molish	+++	+++	+++	+++
Saponinas	Espuma	-	+++	-	-
Aceites esenciales	Sudan III	+++	+++	+	+
Alcaloides	Dragendorff	+++	+++	+++	+++
Cumarinas	NaOH 10%	++	+++	+++	+++
Flavonoides	Shinoda	++	+++	+++	+++

(EEF) Extracto Etanólico de Frutos; (EMF) Extracto Metanólico de Frutos; (EEH) Extracto Etanólico de Hojas; (EMH) Extracto Metanólico de Hojas; (- Ausencia del metabolito); (+ Presencia escasa); (++ Presencia relativamente abundante); (+++ Presencia abundante). https://doig.org/10.5281/zenodo.7456033

Viveros (2018), obtuvo resultados parecidos a este estudio con la misma prueba de saponinas; detectando débilmente este compuesto en extractos metanólicos, mientras que con la prueba de Rosenthaler se detectó alta presencia de este compuesto en el mismo extracto, concluyendo que la prueba de la espuma en ocasiones no resulta efectiva para la identificación de este metabolito. Posiblemente se debe a que son sustancias hidrosolubles, con propiedades tensoactivas atribuidas a características estructurales de las moléculas que las componen (Mena et al, 2015). Además, estudios similares de la misma especie de planta presentados por Beltrán et al. (2013) al realizar un tamizaje fitoquímico preliminar de especies de plantas promisorias de la costa Atlántica colombiana reportó la presencia de taninos, glucósidos, quinolonas y ausencia de flavonoides, saponinas, triterpenos, esteroides, alcaloides y cumarinas, algunos de los cuales se identificaron positivamente en los extractos analizados en este estudio. En otra investigación, Mohana, Satish y Raveesha, (2008) presentaron reportes de la presencia de una gran variedad de carbohidratos y glucósidos, proteínas y aminoácidos, compuestos fenólicos, saponinas, taninos, flavonoides y aceites esenciales.

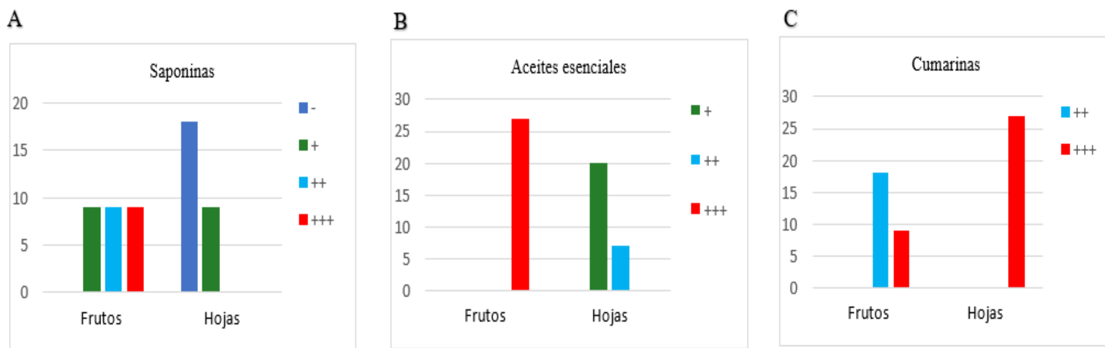
Por otra parte, el análisis estadístico arrojó diferencias significativas en la abundancia de algunas familias de MS entre hojas y frutos en extractos etanólicos y metanólicos (Figura N° 1 y N° 2).

Figura n.° 1: Familias de metabolitos secundarios en las que se encontró diferencias significativas entre hojas y frutos en los extractos etanólicos.



A: Aceites esenciales; **B**: Cumarinas y **C**: Flavonoides. https://doig.org/10.5281/zenodo.7456019

Figura n.º 2: Familias de metabolitos secundarios en las que se encontró diferencias significativas entre hojas y frutos en los extractos metanólicos.



A: Saponinas; B: Aceites esenciales y C: Cumarinas. https://doig.org/10.5281/zenodo.7456017

La diferencia encontrada entre frutos y hojas en cuanto a aceites esenciales para los dos extractos (etanólico y metanólico) pueden tener una relación directa con el lugar donde es almacenado el compuesto por esta planta, debido a que las plantas suelen reservarlo en partes como hojas, raíces, semillas, tallos, y frutos dependiendo de la familia a las que pertenezcan (Andrade Barreiro, 2015). Así mismo, Mahecha (2010) refiere que estos aceites son acumulados en glándulas o vesículas secretoras pertenecientes a tejidos de hojas, flores, semillas, corteza y frutos cuya producción está relacionada con la protección de la planta ante enfermedades y plagas, pero también ayudan a la planta a su reproducción atrayendo aves y polinizadores. Y a su vez en sus resultados obtuvo mayor rendimiento de aceites esenciales en frutos que en hojas de *Siparuna sessiliflora* concluyendo que se puede deber a que los frutos son órganos que poseen más aroma y compuestos de origen lipídico.

Una mayor abundancia de cumarinas en hojas para ambos extractos muy probable se deba a que estos metabolitos protegen a la planta frente a la herbívora, lo que evita su consumo, lo pone de manifiesto Zabala et al., (2016) donde obtuvo en una prueba de preferencia en hojas de *Melilotus albus* que las larvas de *Colias lesbia* consumieron en mayor cantidad el material foliar con menos contenido de cumarinas que el que presentaba niveles altos de este metabolito.

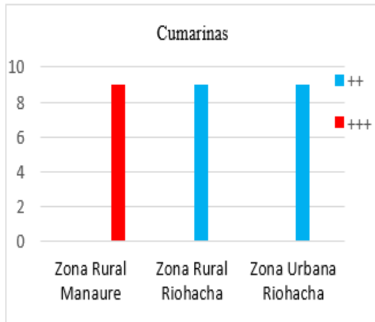
Por otra parte, los niveles altos de flavonoides en extractos etanólicos de hojas puede estar relacionado a que estos metabolitos también tienen una actividad protectora ante insectos como lo menciona Ibáñez, Gallet y Després (2012) en un artículo de revisión sobre Toxinas insecticidas vegetales en redes ecológicas, donde la ingestión de luteolina una flavona causó efectos nocivos sobre las orugas de *Spodoptera exigua* y llega a la conclusión que las plantas generan este tipo de protección para excluir especies que no le proporcionan beneficios y le resultan muy costosas en cuanto a los daño físicos, reproductivos y metabólicos que pueden causarles.

En relación a las saponinas encontradas en mayor cantidad en frutos de extractos metanólicos seguramente están relacionadas con la función de defensa que le es conferida dotándolos de un sabor amargo y toxicidad evitando que sean comidos por diferentes tipos de organismos, causando además un efecto antinutricional demostrado en estudios en ratas las cuales se observaron irregularidades en el crecimiento y en la asimilación de los nutrientes (Gianna, 2013). Además, la no presencia de estos metabolitos ni en frutos ni en hojas del extracto etanólico puede estar relacionada a su afinidad por solventes más polares.

Por otro lado, las diferencias en la abundancia de las familias de MS encontradas entre los extractos etanólicos y metanólicos de ambos órganos entre las zonas muestreadas pueden observarse en las figuras

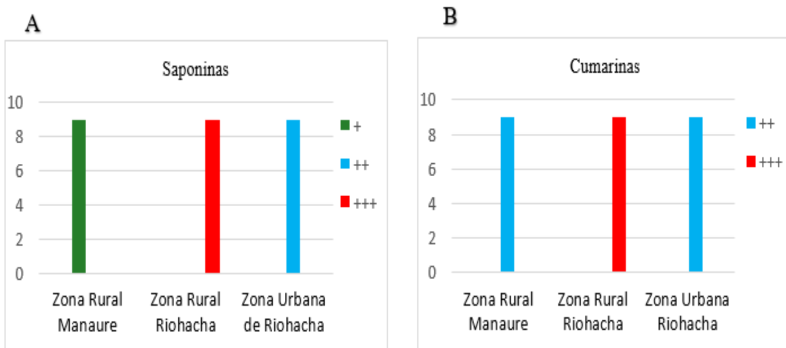
Nº 3, Nº 4 y Nº 5). Cabe mencionar que en los extractos etanólicos de hojas para las tres zonas muestreadas no se encontraron diferencias significativas en sus familias de MS.

Figura n.º 3: Familia de metabolitos secundarios (Cumarinas) en la que se encontró diferencias significativas en los extractos etanólicos de frutos entre las zonas muestreadas.



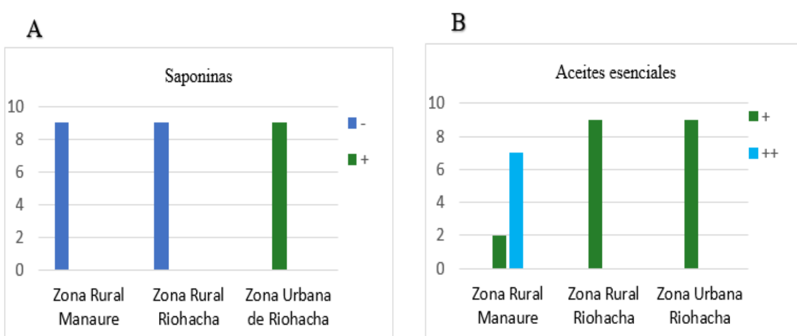
https://doig.org/10.5281/zenodo.7456015

Figura n.º 4: Familias de metabolitos secundarios en la que se encontraron diferencias significativas en los extractos metanólicos de frutos entre las zonas muestreadas.



A: Saponinas; **B:** Cumarinas. https://doig.org/10.5281/zenodo.7456013

Figura n.º 5: Familias de metabolitos secundarios en la que se encontraron diferencias significativas en los extractos metanólicos de hojas entre las zonas muestreadas.



A: Saponinas; **B:** Aceites esenciales. https://doig.org/10.5281/zenodo.7456011

Las diferencias significativas en la presencia de cumarinas entre los extractos etanólicos y metanólicos de frutos entre las tres zonas muestreadas probablemente se deban al poder de arrastre que tienen los solventes utilizados y a las propiedades o tipos de cumarinas presentes en este órgano. Estos valores elevados en zonas con menores precipitaciones pueden deberse a que el estrés hídrico perturba el equilibrio entre la producción y la eliminación de especies radiactivas de oxígenos, lo que provoca que la planta responda de diferentes maneras para evitar el estrés oxidativo una de ellas es la producción de antioxidantes (Gabriel, Veramendi, Angulo y Magne, (2013). En este sentido, existen reportes como el de Kostova (2011), Xi y Liu (2013) donde destacan las propiedades antioxidantes de las cumarinas y de algunos de sus derivados ya que tienen la capacidad de ceder un electrón para estabilizar los radicales libres.

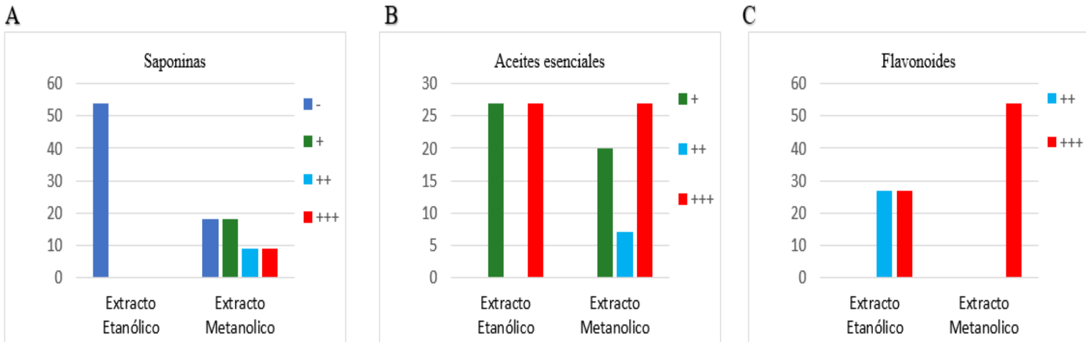
La variación en el contenido de saponinas en extractos metanólicos de frutos entre las tres zonas muestreadas pueden tener relación con las condiciones climáticas ya que cuando no son las adecuadas para las especies, metabolitos secundarios como las saponinas son sintetizados por estas, un ejemplo de ello ocurre en la planta quinua en la que ha sido muy estudiado este metabolito, Mori (2015) reporta para esta panta que el déficit hídrico logra condicionar el nivel de saponinas debido a que la marchitez estimula la síntesis de este compuesto. Pero también este comportamiento puede estar condicionado por otros factores como la temperatura que incide directamente en la acumulación de compuestos bioactivos en los diferentes órganos de las plantas (García-Parra., et. al, 2018), por las reacciones químicas, enzimáticas y metabólicas (Amores,2022) y además aumentan ante las enfermedades por bacterias, hongos (Cadena, 2019), herbívoros y plagas (Bonilla, Carbajal, Gonzales, Vásquez y López, 2019).

Otro resultado interesante se encontró en los extractos metanólicos de hojas donde se localizó mayor proporción de aceites esenciales en la zona rural de Manaure esto se puede deber a que cuando las plantas están sometidas a situaciones de estrés hídrico estas pueden mantener o sintetizar mayor cantidad de aceites esenciales debido a que el carbono acumulado por estas se va a destinar a producir compuestos de defensas dentro de los que se encuentran los monoterpenos principales constituyentes de los aceites esenciales (Usano-Alemay, Pala-Paul y Díaz, 2014). Además, Cermeño y Romero (2014) en un estudio sobre el estrés hídrico en la fase inicial del desarrollo de *Salvia sclarea* determinaron que este factor aumentó la síntesis de aceites esenciales por unidad de superficie durante el primer año posiblemente relacionado con la adaptación de la planta a esas condiciones. También Corell González (2009) , plantea que el estrés hídrico causa desequilibrio en la acumulación de los aceites esenciales causando efectos en el crecimiento y en la diferenciación de la planta, y refiere que diferentes autores sugieren que bajo las condiciones de estrés hídrico aumenta la densidad de las glándulas por la reducción del área foliar lo que produce un aumento en la acumulación de aceites esenciales relacionado con el aumento de las reservas de carbohidratos provenientes de la fotosíntesis destinados a la síntesis de metabolitos secundarios.

Por lo anteriormente expuesto, es probable que las diferencias encontradas en el contenido de MS también puedan deberse a diferentes factores como son radiación solar, edad y estado fenológico de la planta, estrés hídrico, estado nutricional, procedencia geográfica, precipitaciones, herbívoría, interacciones bióticas, condiciones de la recolección del material las cuales afectan algunos procesos y hacen que la planta genere mecanismos que le permitan adaptarse a estos tipos de estrés (Sepúlveda-Vázquez., et al 2018).

Por último, las diferencias encontradas en la abundancia de las familias de MS entre los solventes (etanol y metanol) se muestran en la Figura N° 6.

Figura n.º 6: Familias de metabolitos secundarios en las que se encontró diferencias significativas entre los extractos etanólicos y metanólicos.



A: Saponinas; B: Aceites esenciales y C: Flavonoides. https://doig.org/10.5281/zenodo.7456009

La mayor cantidad de recuperación de metabolitos secundarios en los extractos metanólicos en ambos tipos de muestras (hojas y frutos) en todas las zonas muestreadas es posible debido a que teóricamente el metanol es más polar que el etanol, lo que aumenta su rendimiento y su poder de extracción (Soto-García & Rosales-Castro, 2016). En otro estudio Pinzón-Sánchez (2010), realizó varias extracciones en una especie de planta utilizando solventes orgánicos como cloroformo, etanol y acetato de etilo y las conclusiones de este estudio indicaron que el etanol no fue el solvente más eficiente en la obtención de extractos vegetales, pero si fue el más efectivo en la obtención de sustancias bioactivas como por ejemplo aquellas utilizadas para la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos. Seguramente se debe a un mejor arrastre de metabolitos secundarios por afinidad de polaridades con este tipo de alcohol Wulansari y Noviani (2018), lo que contrasta con los resultados obtenidos en este trabajo.

En el caso específico de las saponinas estas resultaron tener más afinidad por el extracto metanólico, lo que se asemeja con los resultados obtenidos por Viveros (2018) donde las pruebas cualitativas colorimétricas y las cromatográficas arrojaron en extracto metanólico mayor abundancia en orden de importancia de saponinas, terpenos, ácidos fenólicos, alcaloides. Además, Chávez y Eustaquio, (2012) obtuvieron que los MS en los extractos de *Morinda citrifolia L* presentaron una alta solubilidad en agua y disolventes polares, la cual se incrementa por la alta polaridad de sus estructuras, logrando extraer de forma eficiente glicósidos, flavonoides, alcaloides y fenoles con alcoholes de baja masa molecular como son el metanol y etanol. Cabe agregar que las diferencias en los resultados obtenidos en cuanto a la abundancia de MS también se pueden deber a factores externos a la planta como son el tipo de suelo, temperatura ambiental, la luz, la humedad, cultivo, cosecha, el clima, disponibilidad de agua (Acosta de la Luz, 2003), los cuales pueden afectar la composición fitoquímica de esta. Aunque existen factores intrínsecos como la edad de la planta, las etapas fenológicas de la planta, la madurez de las semillas que igualmente se relacionan con la composición fitoquímica de la planta (Doughari, 2012), (Yactayo, 2021).

Finalmente, no haber detectado la presencia de algunas familias de metabolitos, no implica necesariamente la ausencia de los mismos, ya que es posible que éstos pueden encontrarse en concentraciones muy bajas para ser detectados, mediante las pruebas cualitativas realizadas.

Importancia de las principales familias de metabolitos secundarios identificadas de la planta *C. coriaria* (jacq.) wild para promover posibles usos y aplicaciones medicinales

Existen estudios que sustentan las grandes capacidades farmacológicas que poseen los metabolitos secundarios derivados de plantas, los cuales se han convertido en una fuente importante para la búsqueda de nuevos compuestos que permitan terapias menos agresivas para los pacientes en comparación con los productos sintéticos.

En este sentido investigaciones como la de Palomino (2020), probaron el látex diluido de *Synadenium grantii* en pacientes con cáncer de grado 1 y 2 y obtuvieron que los pacientes con cáncer se curaron con más del 50% de efectividad, y dentro de los metabolitos secundarios que identificaron como responsables de la acción anticáncer y renovadora de células y tejidos se encuentran flavonoides, alcaloides, terpenoides, glúcidos, sustancias amargas y compuestos glucósidos algunas identificadas en nuestros extractos.

Así mimo, Cuzcano y Escobedo (2016) evaluaron el efecto anticonceptivo del extracto etanólico de la semilla de aguacate (*Persea americana*) en ratas, evidenciándose este efecto a las concentraciones de 25, 50 y 100 % resaltando así las propiedades bioactivas de los metabolitos que identificaron dentro de los que se encuentran carbohidratos, compuestos fenólicos, flavonoides y alcaloides, también identificados en nuestros extractos.

Del mismo modo, Sepúlveda-Jiménez, Porta-Ducoing y Rocha-Sosa (2003) citan a (Wink y Schimmer, 1999) donde expone que el efecto tóxico que presentan los alcaloides radica en que su estructura molecular es muy parecida a la de sustancias que intervienen en procesos de transmisión de señales en el sistema nervioso lo que le brinda la capacidad de bloquear neuroreceptores afectando la señal neuronal y los canales iónicos de vertebrados e insectos y por otra parte que su actividad antimicrobiana se debe a la capacidad de juntarse con el ADN para detener la síntesis de proteínas, provocar la apoptosis y la inhibición de las enzimas del metabolismo de carbohidratos provocando efectos tóxicos sobre virus, bacterias, hongos, insectos, vertebrados inclusive otras plantas. Además, refieren que los flavonoides tienen una actividad antioxidante amplia y que puede formar complejos con iones de hierro, de cobre secuestrando radicales hidroxilos y reaccionar con sustancias acidas para conformar compuestos menos oxidativos.

De igual forma, Becerra (2020) refiere que los compuestos fenólicos de origen vegetal resultan muy beneficiosos para la salud humana debido a sus propiedades antioxidantes, los cuales actúan causando interferencia en el proceso oxidativo reaccionando con los radicales libres, quelando metales catalíticos y capturando el oxígeno libre, principal causante de la oxidación y del envejecimiento. Igualmente, Brown, John y Shahidi (2019) evaluaron la actividad antioxidante de extractos fenólicos de hojas de dos variedades menta (Medina y Hasawi) identificándose ácidos fenólicos y flavonoides como: ácidos cafeicos, salvanico y rosmarinico, luteolina, salvigenina, crisoeriol, timonina y carnosol, obteniendo gran actividad antioxidante de los extractos en la inhibición de la oxidación del colesterol LDL, la eliminación de los radicales libres, así como la reparación por escisión del ADN resaltando los posibles beneficios para la salud humana.

Además, Guauque, Castaño, y Gómez (2010) determinaron la actividad antibacteriana y antihelmíntica de el extracto acuoso y etanólico de *Ambrosia peruviana* en los cuales encontraron MS como alcaloides, flavonoides, taninos, cumarinas y carbohidratos identificados también en nuestros extractos. Como resultado obtuvieron que a una concentración de 50 mg/ml del extracto y de fracciones ricas en alcaloides se produjo la inmovilidad completa de nematodos adultos de *T. canis*. En cuanto a citotoxicidad de los extractos frente a *Artemia salina* estimaron como principales responsables de esta acción a alcaloides y saponinas en ambos

extractos (acuoso y etanólico). No obstante, no encontraron actividad inhibitoria de los extractos a 1mg/ml frente a *S. aureus*, *S. pyogenes*, *P. aeruginosa*, *E. cloacae*, *P. vulgaris*, *E. coli* y *E. coli* DH5**α**.

También, en un estudio de revisión realizado por Flores-Villa, et al. (2020) sobre el Romero: su origen, la importancia y generalidades de sus MS encontraron que las plantas que poseen aceites esenciales han sido muy utilizadas desde la antigüedad, explotándose esta fuente de recurso natural en tratamientos profilácticos y terapéuticos por las propiedades derivadas de sus aceites esenciales entre las que encontramos propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antisépticas, antiinflamatorias, anticancerígenas, sedantes y analgésicas, destacándose en esta familia especies que producen altos niveles de cumarinas, fenoles, quininas, terpenos, saponinas y en algunos casos alcaloides, la mayoría identificados en nuestros extractos de *C.coriaria* de La Guajira colombiana. Igual que, Mahecha (2010) en la evaluación antibacteriana de aceites esenciales sobre bacterias gram positivas como: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y gram negativas como: *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa* observaron actividad inhibitoria de los aceites frente a las bacterias gran positivas solamente, concluyendo que puede deberse a la complejidad estructural de la pared celular de las gram negativas y a las enzimas que contiene entre las dos membranas.

En un estudio similar Anandhi et al., 2014, reveló que la actividad antibacteriana del extracto metanólico de *C. coriaria* se debe a la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides que atacan la membrana del microorganismo destruyendo la capacidad selectiva y permitiendo el escape de componentes intracelulares, lo que ha sumado su capacidad de inactivar enzimas (cadena respiratoria deshidrogenasa), inhibiendo de este modo la respiración y el crecimiento de las células. También, el estudio de Carrero (2021) demuestra que la riqueza de compuestos fenólicos de *Crataegus monogyna* Jacq presentan propiedades antiinflamatorias y antioxidantes lo que justifica la utilización de esta planta en la medicina tradicional.

Así como, Kostova et al. (2011), afirma que las cumarinas son importantes moléculas de bajo peso molecular que han sido empleadas para el tratamiento de muchas enfermedades debido a sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antivirales y anticoagulantes atribuidas a la variabilidad y posibilidad de conjugación de sus estructuras. Y, López-Pazos et al., (2021) probaron extractos etanólicos y metanólicos de *C.coriaria* contra cepas de *Estreptococos pyogenes* y *Candida albicans* y encontraron gran poder inhibitorio frente a estas cepas, concluyendo que metabolitos como alcaloides, fenoles, cumarinas, saponinas son los responsables de esta actividad.

Las investigaciones antes mencionadas nos permiten concluir que el árbol *Caesalpinia coriaria* que habita en La Guajira colombiana resulta una fuente prominente de compuestos bioactivos con posibles usos terapéuticos y medicinales, compuestos que pueden resultar una importante fuente de ingresos para las comunidades que por su cultura la utilizan en la medicina tradicional y también para el departamento si se explotan a nivel industrial; ya que en todos los extractos se identificó la presencia de compuestos bioactivos como fenoles, flavonoides, glucósidos, alcaloides, saponinas, cumarinas y aceites esenciales. Además, quedó registrado que metabolitos secundarios como: aceites esenciales, cumarinas, saponinas y flavonoides varían su abundancia dependiendo de las condiciones biogeográficas para la especie analizada, no siendo así con otros metabolitos como: fenoles, glucósidos y alcaloides que se mantuvieron invariables entre las zonas muestreadas.

Agradecimientos

A la Universidad de La Guajira por acogerme con gran calidez y hacerme sentir como en casa, a cada uno de los docentes que con su paciencia y entrega me guiaron a lo largo de mi vida académica e inculcaron en mí la pasión por la ciencia y la investigación, específicamente a mi tutora Leanis Pitre Ruiz y a la profesora Deysis Galván Ayala por su confianza y apoyo incondicional. Al Laboratorio de Química de La Universidad de La Guajira y a sus coordinadores por su apoyo. Y a todos los que de una forma u otra aportaron su granito de arena en la realización de esta investigación.

Literatura citada

Acosta de la Luz, L. (2003). Principios agroclimáticos básicos para la producción de plantas medicinales. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 8(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962003000100008&lng=es&tlng=es.

Alfonso Molina, A. (2018). La influencia del estrés abiótico en la síntesis de metabolitos secundarios de plantas medicinales. http://www.secheresse.info/spip.php?article95336

Amores Hurtado, E. P. (2022). Saponinas de la quinua, obtención y aplicaciones [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional – Universidad Central de Ecuador] Quito: UCE). http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26757

Anandhi, D. & Revathi, K. (2013). Phytochemical analysis of *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Wild. International Journal of Biosciences, *2*(1), 1-7.

Anandhi, D., Srinivasan, P., Praveen G. & Jagatheesh. S. (2014). Influence of flavonoids and glycosides from *Caesalpinia coriaria* (Jacq) Wild as bactericidal compound. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. ISSN: 2319-7706 Volume 3 Number 4 (2014) pp. 1043-1051. https://www.ijcmas.com/vol-3-4/D.Anandhi,%20et%20al.pdf

Andrade Barreiro, W. A. (2015) Composición de los aceites esenciales de las hojas de *Conyza bonariensis*, *Gnaphalium pellitum* y *Achyrocline satureioides*, por cg-em y evaluación de la actividad antibacteriana y antioxidante. ™). [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional- Pontificia Universidad Javeriana. https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/20619

Barraza, F., Calvo, C., Silva, M., Vinet, R., Laurido, C., & Barrera, E. (2014). Conocimiento etnobotánico tradicional y uso de plantas medicinales en un área rural de la Región Metropolitana de Chile: estudio descriptivo. https://repositorio.udd.cl/handle/11447/41

Barrera Vázquez, M. F. (2015). Métodos alternativos para la extracción y purificación de productos naturales de interés para la industria farmacéutica. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio institucional – Universidad Nacional de Córdoba. http://hdl.handle.net/11086/2555

Becerra, H. A. (2020). Rendimiento y producción de metabolitos secundarios en plántula de jitomate con fotoperiodo complementado mediante sistema de iluminación LED. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio institucional – Universidad Autónoma de Querétaro. http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/2446

Beltrán Villanueva, C. E., Díaz Castillo, F., & Gómez Estrada, H. (2013). Tamizaje fitoquímico preliminar de especies de plantas promisorias de la costa atlántica colombiana. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 18(4), 619-631. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962013000400013&script=sci_arttext&tlng=pt

Bonilla, H., Carbajal, Y., Gonzales, M., Vásquez, V., & López, A. (2019). Determinación de la actividad insecticida de la saponina de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en larvas de *Drosophila melanogaster*. Scientia Agropecuaria, 10(1), 39-45. http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.04

Brown, N., John, J.A. y Shahidi, F. (2019). Composición de polifenoles y potencial antioxidante de las hojas de menta. Food Prod Process y Nutr 1, 1. https://doi.org/10.1186/s43014-019-0001-8

Cadena Santana, C. (2019). Fitoquímicos de taninos, saponinas y aceites esenciales afectan microorganismos ruminales para mitigar la producción de metano ambiental en la ganadería. [Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio institucional- Universidad Autónoma del Estado de México. http://hdl.handle.net/20.500.11799/104515

Calderón, R.G, & Aguilar U.L. (2017). Resistencia antimicrobiana: microorganismos más resistentes y antibióticos con menor actividad. Rev Med Cos Cen. 2016;73(621):757-763. https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=69870

Carrero Fernández, A. J. (2021). Actividad antioxidante y perfil fitoquímico de la sumidad de espino albar (crataegus monogyna jacq.). [Tesis de grado, Universidad de Sevilla]. Repositorio institucional – Universidad de Sevilla. https://hdl.handle.net/11441/132624

Cermeño, P., Romero, M. J. (2014). Efecto del estrés hídrico en la fase inicial del desarrollo de Salvia sclarea. Actas Hortic, 68, 233-238. http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2068.%20VI%20Jornadas%20Ib%C3%A9ricas%20de%20Horticultura%20Ornamental/Producci%C3%B3n%20Viver%C3%ADstica%20III.%20Necesidades%20hidricas%20y%20nutricionales/Efecto%20del%20estr%C3%A9s%20h%C3%ADdrico%20en%20la%20fase%20inicial%20del%20desarrollo%20de%20Salvia%20sclarea.pdf

Chávez, M. H & Eustaquio, C. L. (2012). Identificación preliminar de los metabolitos secundarios de los extractos acuosos y etanólicos del fruto y hojas de *Morinda citrifolia* L. “noni” y cuantificación espectrofotométrica de los flavonoides totales. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6181488

Chávez, M. H & Eustaquio, C. L. (2012). Identificación preliminar de los metabolitos secundarios de los extractos acuosos y etanólicos del fruto y hojas de *Morinda citrifolia* L. “noni” y cuantificación espectrofotométrica de los flavonoides totales [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional- Universidad Nacional de Trujillo. http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4767

Corell González, M. (2009). Efecto del estrés hídrico en la fisiología, producción y calidad de los aceites esenciales en *Salvia officinalis* y *S. lavandulifolia* subsp. vellerea. [Tesis Doctoral Inédita, Universidad de Sevilla]. Repositorio institucional- Universidad de Sevilla. http://hdl.handle.net/11441/15643

Cuzcano Moran, P. M. (2016). Dra. Escobedo Vargas J. Efecto del extracto etanolito de semilla *Persea americana* sobre la fertilidad en ratas "RATTUS NORVEGICUS" Rev Mat feta, 1(7), 1-10. http://revistamaternofetal.com/wp-content/uploads/2017/07/010702.pdf

Díaz, J. ed. (2003). Informe Técnico. Caracterización del mercado colombiano de plantas medicinales y aromáticas. Instituto Alexander von Humboldt - El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 111 P. Bogotá D.C., Colombia. Disponible en:http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32544/informe_tecnico_medicinales.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Seg%C3%BAn%20Calle1%20%2C%20en%20Colombia%20existen,alg%C3%BAn%20tipo%20de%20caracter%C3%ADstica%20medicinal

Doughari, J. H. (2012). Phytochemicals: extraction methods, basic structures and mode of action as potential chemotherapeutic agents. https://www.researchgate.net/publication/221929467_Phytochemicals_Extraction_Methods_Basic_Structures_and_Mode_of_Action_as_Potential_Chemotherapeutic_Agents

Flores-Villa, E., Sáenz-Galindo, A., Castañeda-Facio, A. O., y Narro-Céspedes, R. I. (2020). Romero (Rosmarinus officinalis L.): su origen, importancia y generalidades de sus metabolitos secundarios. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 23(1), 1-17. DOI: https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.266

Gabriel, J., Veramendi, S., Angulo, A., & Magne, J. (2013). Respuesta de variedades mejoradas de papa (Solanum tuberosum L.) al estrés hídrico por sequía. Journal of the selva andina Biosphere, 1(1), 33-44. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2308-38592013000100004&script=sci_arttext

García-Parra, M. Á., Plazas-Leguizamón, N. Z., Rodríguez, D. C. C., Torrado, S. C. F., & Parra, J. D. (2018). Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en relación con el suelo y el clima: una revisión. Informador técnico, 82(2), 241-249. https://doi.org/10.23850/22565035.1451

Gianna, V. (2013). Extracción, cuantificación y purificación de saponinas de semilla de *Chenopodium quinoa* Willd provenientes del noroeste argentino. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional de Córdoba. https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1413

Grisales, J. M., Carvajal, M. T., I-Docente, L. D. Q. O., & Abonía, R. (2016). PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS ALCOHOLES.

Guauque, M. D. P., Castaño, J. C., y Gómez, M. (2010). Detección de metabolitos secundarios en Ambrosia peruviana Willd y determinación de la actividad antibacteriana y antihelmíntica. Infectio, 14(3), 186-194. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-93922010000300005

Guzmán Ceferino, J., Silva Belmares, S.Y., López López, LL. I., de la Cruz Galicia, Ma.G., Solís Salas, L. Ma & Durán Mendoza, T. (2016). Análisis fitoquímico cualitativo y actividad antioxidante de extracto crudo metanólico de hoja *Solanum marginatum*. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol. 1, No.1 (2016) 521-525. http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/4/89.pdf

Ibáñez, S., Gallet, C., y Després, L. (2012). Plant insecticidal toxins in ecological networks. Toxins, 4(4), 228-243. https://www.mdpi.com/2072-6651/4/4/228

IDEAM. La Guajira. http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/laguajira_texto.pdf

Kostova, I., Bhatia, S., Grigorov, P., Balkansky, S., S Parmar, V., K Prasad, A., & Saso, L. (2011). Coumarins as antioxidants. Current medicinal chemistry, 18(25), 3929-3951. DOI: https://doi.org/10.2174/092986711803414395

López-Pazos, S. A., Pitre-Ruiz, L.., Galván-Ayala, D. ., Ávila Méndez, K. J., & Castro-Uriana, O. . (2021). Actividad antimicrobiana in vitro de Caesalpinia coriaria (Jacq.) Extractos de Willd en Streptococcus pyogenes y Candida albicans. Vitae, 28(2). https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v28n2a345381

Mahecha Mahecha, C. A. (2010). Actividad antioxidante y antibacteriana de aceites esenciales extraídos de hojas y frutos de *Siparuna sessiliflora*. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Javeriana. https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/823

Mena Valdés, L., Tamargo Santos, B., Salas Olivet, E., Plaza Paredes, L. E., Blanco Hernández, Y., Otero González, A., & Sierra González, G. (2015). Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus saponaria* L. (jaboncillo). Revista Cubana de Plantas Medicinales, 20(1), 106-116. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000100010&lng=es&tlng=es

Minciencias. (2016). Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo. https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo

Mohana, D. C., Satish, S., y Raveesha, K. A. (2008). Antibacterial evaluation of some plant extracts against some human pathogenic bacteria. Advances in biological research, 2(3-4), 49-55. https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.547.2948&rep=rep1&type=pdf

Mori, A. M. (2015). Efecto de cinco láminas de riego en el cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd) mediante el riego por goteo. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1850

Olmedo-Juárez, A., Briones-Robles, T., Zaragoza-Bastida, A., Zamilpa, A., Ojeda-Ramírez, D., Mendoza de Gives, P., Olivares-Pérez, J. & Rivero-Pérez, N. (2019). Antibacterial activity of compounds isolated from Caesalpinia coriaria (Jacq) Willd against important bacteria in public health. Elsevier. Microbial Pathogenesis. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882401018320345?via%3Dihub

Palomino, E. (2020). Efectividad del látex del Synadenium Grantii Hook en el tratamiento y curación de pacientes diagnosticados con cáncer, Ayacucho-2019. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Callao]. Repositorio institucional – Universidad Nacional de Callao. http://hdl.handle.net/20.500.12952/5620

Pérez-Alonso, N., Jiménez, E. (2011). Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo in vitro. Biotecnología Vegetal Vol. 11, No. 4: 195 – 211. https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/255/837

Pinzón Sánchez, J. J. (2010). Evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto de anís estrellado (illciumverum) contra staphylococcus epidermis, bacillus subtillis y Escherichia Coli [Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional- Pontificia Universidad Javeriana. http://hdl.handle.net/10554/8448

Pitre-Ruiz, Leanis, Galván-Ayala, Deycis, Castro-Uriana, Omar, Ávila Méndez, Kelly Johanna, & López-Pazos, Silvio Alejandro. (2021). Actividad antimicrobiana in vitro de *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Extractos de Willd en *Streptococcus pyogenes* y *Candida albicans*. Vitae, 28(2), e5. Epub 09 de marzo de 2022. https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v28n2a345381

Rosado, Jairo & Fernández, M (2010). Farmacopea guajira: el uso de las plantas medicinales xerofíticas por la etnia wayuu. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 41(),1-10. [fecha de Consulta 19 de Septiembre de 2022]. ISSN: 0253-5688. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220509064

Santayana Rivera, M. L. (2018). Efecto del estrés abiótico post-cosecha en la síntesis de metabolitos secundarios y capacidad antioxidante de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*). [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina. http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3775/santayana-rivera-monica-lucia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sepulveda Jimenez, G., Porta Ducoing, H y Rocha Sosa, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. Revista mexicana de fitopatología, Vol. 21, núm. 3. https://www.redalyc.org/pdf/612/61221317.pdf

Sepúlveda-Jiménez, G., Porta-Ducoing, H., y Rocha-Sosa, M. (2003). La Participación de los Metabolitos Secundarios en la Defensa de las Plantas Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 21, núm. 3, diciembre, pp. 355-363 Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México. https://www.redalyc.org/pdf/612/61221317.pdf

Sepúlveda-Vázquez, J., Torres-Acosta, J. F., Sandoval-Castro, C. A., Martínez-Puc, J. F., y Chan-Pérez, J. I. (2018). La importancia de los metabolitos secundarios en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en Yucatán, México. Journal of the Selva Andina Animal Science, 5(2), 79-95. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2311-25812018000200004&script=sci_arttext

Sierra, M., Barros, R., Gómez, D., Mejía, A. & Suarez, D. (2018). Productos Naturales: Metabolitos Secundarios y Aceites. Esenciales. Fundación Universitaria Agraria de Colombia.https://www.researchgate.net/publication/329197168_PRODUCTOS_NATURALES_METABOLITOS_SECUNDARIOS_Y_ACEITES_ESENCIALES

Soto-García, M, y Rosales-Castro, M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de Pinus durangensis y Quercus sideroxyla. Maderas. Ciencia y tecnología, 18(4), 701-714. Epub 00, 2016.https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000061.

Torres Chati, J. (2014). Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de *Luma chequen* (Molina) A. Gray" Arrayán" frente a patógenos aislados de hemocultivos del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen, Lima-Perú. [Tesis para título profesional]. Repositorio institucional-Universidad Nacional Mayor San Marcos]. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3605

Usano-Alemany, J., Paúl, J. P., y Díaz, S. (2014). Aceites esenciales: conceptos básicos y actividad antibacteriana. Reduca (Biología), 7(2). http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1553/0

Viveros, A. C. (2018). Análisis de fitoquímicos y actividad antioxidante de *Vanilla pompona Schiede* desarrollada bajo dos ambientes. [Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados Campus Puebla]. Repositorio institucional- Colegio de Postgraduados http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2947

Wulansari, A., Elya, B., & Noviani, A. (2018). Arginase Inhibitory and Antioxidant Activities of Caesalpinia coriaria (Jacq.) Willd. Bark Extract. Pharmacognosy Journal, 10(6). DOI:10.5530/pj.2018.6.201

Xi, G. L., y Liu, Z. Q. (2013). Antioxidant effectiveness generated by one or two phenolic hydroxyl groups in coumarin-substituted dihydropyrazoles. European Journal of Medicinal Chemistry, 68, 385-393. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2013.06.059

Yactayo Abregu, V. S. (2021). Tamizaje fitoquímico y evaluación antioxidante del extracto acuoso a diferentes temperaturas de hojas y corteza de *Miconia barbeyana* (paliperro). http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/2032

Zabala, J., Marinoni, L., Ribero, G., Sánchez, R. & Del Valle, E. (2016). Efecto del contenido de cumarina en Meliiotus albus Desr. Sobre el comportamiento agronomico y la alimentación de Colias lesbia (Lepidoptera: Pieridae). Fave. *Sección ciencias agrarias*, 15(1), 0-0. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1666-77192016000100009